

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
27. Februar 2003 (27.02.2003)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
WO 03/017376 A1

(51) Internationale Patentklassifikation: H01L 31/04

(72) Erfinder; und

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/CH02/00383

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): BITNAR, Bernd  
[DE/CH]; Zentrumstrasse 1, CH-5314 Kleindöttingen  
(CH). DURISCH, Wilhelm [CH/CH]; Badenerstrasse 76,  
CH-8004 Zürich (CH). PALFINGER, Günther [AT/CH];  
Spitalrain 14, CH-5200 Brugg (CH).

(22) Internationales Anmeldedatum:  
12. Juli 2002 (12.07.2002)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(74) Anwalt: FREI PATENTANWALTSBÜRO; Postfach  
768, CH-8029 Zürich (CH).

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:  
1512-01 16. August 2001 (16.08.2001) CH

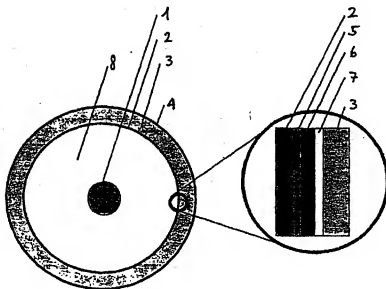
(81) Bestimmungsstaaten (national): AE, AG, AL, AM, AT,  
AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR,  
CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GH,  
GI, GM, GR, GU, HT, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR,  
KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK,  
MN, MW, MX, MY, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU,  
SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG,  
US, UZ, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von  
US): PAUL SCHERRER INSTITUT [CH/CH]; CH-5232  
Villigen PSI (CH).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: THERMOPHOTOVOLTAIC DEVICE

(54) Bezeichnung: THERMOPHOTOVOLTAIK-VORRICHTUNG



(57) Abstract: The invention relates to a thermophotovoltaic (TPV) device or generator and to a method for converting the radiation energy emitted from a radiation emitter (1) into electrical energy. The conversion is carried out by means of a photovoltaic element (6) which is applied to a carrier (2) and consists of a thin-film photo cell (3). Preferably, the device comprises an outer element (4) which forms a cavity (3) with the carrier (2), said cavity containing a cooling element and cooling the photovoltaic element (6) without any significant heat insulation loss. The inventive thermophotovoltaic device or generator also preferably comprises additional functional thin films (5, 7) which are embodied, for example, as protective, contact, insulating and/or filter films.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



- (84) **Bestimmungsstaaten** (regional): ARIPO-Patent (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, SK, TR), OAPI-Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

— mit geänderten Ansprüchen

*Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.*

**Veröffentlicht:**

— mit internationalem Recherchenbericht

(57) **Zusammenfassung:** Die Erfindung betrifft eine Thermophotovoltaik (TPV) -Vorrichtung bzw. -Generator und ein Verfahren für die Umwandlung der von einem Strahlungsemitter (1) emittierten Strahlungsenergie in elektrische Energie. Die Umwandlung geschieht mit Hilfe eines Photovoltaikelement (6), das auf bzw. an einem Träger (2) angebracht ist und aus einer Dünnschichtphotozelle (6) besteht. Vorzugsweise beinhaltet die Vorrichtung ein Aussenelement (4), welches mit dem Träger (2) einen Hohlraum (3) bildet, welcher eine Kühlung beinhaltet und das Photovoltaikelement (6) ohne grosse Wärme-Isolationsverluste kühlt. Des weiteren weist die erfindungsgemässe Thermophotovoltaikvorrichtung bzw. -generator vorzugsweise zusätzliche funktionale dünne Schich-

## THERMOPHOTOVOLTAIK-VORRICHTUNG

Die Erfindung betrifft eine Thermophotovoltaik-Vorrichtung, einen Thermophotovoltaik-Generator sowie ein entsprechendes Verfahren gemäss dem Oberbegriff der unabhängigen Patentansprüche.

- Thermophotovoltaik (TPV) ist eine Technik zur Umwandlung von Wärme in elektrischen Strom. Eine Wärmequelle, z. B. ein Gasbrenner, ist selber Emittor oder
- 5 heizt einen Strahlungsemitter. Die emittierte elektromagnetische Strahlung wird von Photozellen in Strom umgewandelt. Der Strahlungsemitter sollte bei möglichst hohen Temperaturen emittieren, z. B. 1500°C, da die Menge an abgegebener Strahlungsenergie proportional zur vierten Potenz der Temperatur ist (Stefan-
- 10 Boltzmann'sches Gesetz). Andererseits beruht die Umwandlung von Strahlung in elektrische Energie in den Photozellen auf Halbleitereffekten. Die Betriebstemperatur von Photozellen sind daher eher niedrig, z. B. <100°C. Da sie zudem temperaturempfindliche Materialien enthalten können, ist ein effizientes Kühlsystem erforderlich. Eine TPV-Vorrichtung beinhaltet dementsprechend die
- 15 komplexe Aufgabenstellung, technische Schwierigkeiten einer effizienten Wärme-Strom-Konversion mit einfachem, kompaktem Anlagenaufbau und der Vermeidung von Strahlungsverlusten mit ökonomischen Werten, wie geringen Herstellungs- und Materialkosten, zu verbinden.

- Technische Anwendungen von TPV-Vorrichtungen liegen beispielsweise im
- 20 Heizungsbau. Dort kann ein TPV-Generator, z. B. mit einer Gasheizung kombiniert,

zusätzlich zur gewünschten Wärme Strom erzeugen. Der Wirkungsgrad der Umwandlung von Gasenergie in Strom eines solchen gekoppelten Wärme-Strom Systems mittels Gasheizung und TPV, liegt bei nahezu 100%: Sämtliche Verluste bei der Stromerzeugung fallen wiederum als Wärme an. Eine mit Thermophotovoltaik  
5 bestückte Heizung kann elektrisch autonom betrieben werden. Die Elektrizität, die sie benötigt, wird selbst erzeugt, wobei ein solches Heizsystem nicht von Stromausfällen tangiert wird.

Technische Schwierigkeiten von TPV-Vorrichtungen liegen beispielsweise in der Kühlung der Photozellen und der Vermeidung von Strahlungsverlusten, speziell  
10 hervorgerufen durch die Anlagengeometrie. Typischerweise arbeiten TPV-Generatoren mit kommerziellen Silizium- oder GaSb-Photozellen, die entweder aufwändig durch wassergekühlte Metallblöcke oder, weniger effektiv, durch Wasserfilter gekühlt werden müssen. Die monokristallinen Photozellen und deren Montage tragen erheblich zu den Systemkosten bei. Die Verbindung von kleinen,  
15 ebenen Photozellen zu einem z. B. zylindrischen System führt zudem zu erheblichen Strahlungsverlusten in den Lücken und an den Kanten der einzelnen Zellen. Die unbiegsamen Photozellen können nicht optimal auf gekrümmte Oberflächen aufgebracht werden.

Eine Möglichkeit, Kosten für Photovoltaikzellen zu sparen, ist, nur wenige davon zu  
20 verwenden und dabei ein Reflektorensystem zu konstruieren, das die Strahlung auf die wenigen Zellen fokussiert. Diese, z.B. im Stromgenerator der US-Patentschrift 5'312'521 verwendete Methode, hat nebst dem komplizierten Reflektorensystem die Nachteile, dass nur ein kleiner Anteil der emittierten Strahlung auf die Photovoltaikzellen trifft und der Grossteil der Strahlung wieder auf den Emittor  
25 zurückreflektiert wird.

---

Kostenabschätzungen zeigen aber, dass bereits mit der vorhandenen TPV-Technologie z.B. sehr günstige, TPV bestückte Heizungssysteme gebaut werden könnten. Der Kostenfaktor ist jedoch ein wesentlicher wirtschaftlicher Aspekt bei der Durchsetzung von TPV-Generatoren.

- 5 Ein grosser Schritt in Richtung Kosteneinsparung für TPV-Vorrichtungen kann durch die Entwicklung von Dünnschicht-Photovoltaikzellen erreicht werden. Im Dokument „*Appropriate Materials and Preparation Techniques for Polycrystalline-Thin-Film-Thermovoltaic Cells*“, *Proc. 3th NREL Conf. On Thermophot. Generation of Electr.* 1997, pp. 423-442 von N. G. Dhare, wird beispielsweise die Verwendung
- 10 unterschiedlichster Materialien für Dünnschichtphotovoltaikzellen in Betracht gezogen. Allerdings fehlt die Umsetzung von solchen Photovoltaikzellmaterialien in den Aufbau einer funktionierenden und optimierten TPV-Vorrichtung.

- Es ist deshalb Aufgabe der Erfindung eine Dünnschicht-Thermophotovoltaikvorrichtung und -generator und ein Verfahren zur Umwandlung von Strahlungs-
- 15 elektrische Energie unter Verwendung von Dünnschicht-Photovoltaikelementen zu schaffen, welche Nachteile bisheriger Photovoltaikvorrichtungen und -generatoren bzw. Verfahren mit herkömmlichen kristallinen Photozellen behebt. Des Weiteren ist es Aufgabe der Erfindung eine strahlungs- und kühlungstechnisch optimierte Dünnschicht-Thermophotovoltaikvorrichtung bzw. -generator zu schaffen.

- 20 Die Aufgaben werden durch die Erfindung gelöst wie sie in den Patentansprüchen definiert ist.

---

Die Erfindung betrifft eine Thermophotovoltaik (TPV) -Vorrichtung bzw. -Generator und Verfahren für die Umwandlung der von einem Strahlungsemitter emittierten Strahlungsenergie in elektrische Energie, wobei ein Photovoltaikelement auf bzw. an

- 5 einem Träger angebracht ist und Dünnschichtphotozellen aufweist. Vorzugsweise beinhaltet die Vorrichtung ein Aussenelement, welches mit dem Träger einen Hohlraum bildet, welcher eine Kühlung beinhaltet und das Photovoltaikelement sehr direkt kühlt. Des weiteren weist die erfindungsgemäße Thermophotovoltaik-
- 5 Vorrichtung bzw. -generator vorzugsweise zusätzliche funktionale dünne Schichten auf, die bspw. als Schutz-, Isolations-, Kontakt- und/oder Filterschichten ausgebildet sind.

- Ein wesentlicher Vorteil der erfindungsgemässen TPV-Vorrichtung ist die Verwendung von Dünnschicht-Photovoltaikelementen. Im Gegensatz zu z. B.
- 10 kristallinen, unbiegsamen Solarzellen, besitzen Dünnschichtelemente eine Dicke von unter einem bis hundert Mikrometern, typischerweise 10  $\mu\text{m}$ , und können prinzipiell auf beliebig geformte Substrate aufgebracht, z. B. abgeschieden, oder gebogen werden. Speziell interessant sind diesbezüglich flexible oder gekrümmte Oberflächen, z. B. von hitzebeständigen Glasrohren. Von ihrer spektralen
- 15 Empfindlichkeit her sind Dünnschichtzellenmaterialien, z. B.  $\text{CuInSe}_2$  (CIS) oder  $\text{CuIn}_{1-x}\text{Ga}_x\text{Se}_2$  (CIGS), ebenso für TPV geeignet wie herkömmliche kristalline Silizium-Photozellen. Ihre Bandlücke, typischerweise zwischen 0.5 und 2 eV, ist vorteilhafterweise kleiner oder gleich der von Silizium, das sich als Photovoltaikmaterial bereits bewährt hat. Die Rohstoff- und Herstellungskosten von
- 20 Dünnschichtelementen sind aber wesentlich geringer, da nur kleine Materialmengen gebraucht werden. Zudem entfällt das Positionieren von Zellen auf einer Unterlage meist vollständig. Ebenso entfallen Modul- und Verschaltungskosten einzelner kristalliner Zellen. Es gibt entsprechend fast keine Zwischenräume zwischen den einzelnen Zellen und damit keine Strahlungsverluste an Zellengrenzen. Zudem kann
- 25 die Kühlung der Dünnschichtelemente vereinfacht und verbessert werden, was zusammen mit der geringen Dicke der Elemente, einen kompakteren Systemaufbau als mit herkömmlichen Photovoltaikzellen erlaubt.

Für Dünnschicht-PV-Elemente bieten sich vor allem polykristalline Materialverbindungen, z. B.  $\text{CuInSe}_2$  (CIS),  $\text{CuIn}_x\text{Ga}_y\text{Se}_2$  (CIGS),  $\text{HgCdTe}$ ,  $\text{PbCdTe}$ , etc. an, wie sie aus der Literatur bekannt sind und fortwährend entwickelt und verbessert werden. Die Materialien oder Elemente können mit herkömmlichen 5 Techniken auf eine Unterlage, z. B. Glas, Folie, Blech etc., aufgebracht werden. Solche Techniken sind beispielsweise Gasphasenabscheidungen, wie chemische oder physikalische Gasphasendeposition, CVD bzw. PVD, oder Molekularstrahlepitaxie (MBE), Materialzerstäubung, Elektrodeposition, Laserverdampfen, u.v.m.. Je nachdem bestimmt die Herstellungsart auch die Dicke von Schichten und die 10 Kristallitgrößen in den Schichten. Die Dicke von Dünnschicht-PV-Elementen liegt bei ca. 0.1-100  $\mu\text{m}$ , wobei sie bevorzugt im einem Bereich von 0.3-25  $\mu\text{m}$ , z.B. 3  $\mu\text{m}$ , liegt. Als Dünnschicht-PV-Elemente bieten sich aber auch mikrokristalline Siliziumzellen oder Farbstoffsolarzellen an.

Die Dünnschicht-Photovoltaikmodule sind vorzugsweise mit weiteren Schichten, 15 z. B. funktionalen Schichten wie Schutz- oder Filterschichten, umgeben bzw. beschichtet. Diese funktionalen Schichten werden typischerweise mit denselben Verfahren hergestellt wie die Photovoltaikmodule, ihre Dicke liegt aber bevorzugt im Bereich von 1 nm bis 3  $\mu\text{m}$ , typischerweise zwischen 10 nm - 1  $\mu\text{m}$ , z. B. 30-300 nm. Dünnschicht-Photovoltaikmodule werden dann vorzugsweise über eine 20 oder mehrere solcher dünnen Schichten auf einem Träger auf- oder angebracht. Zu einer dem Strahlungsemitter zugewandten Seite hin, d.h. innenraumseitig, befindet sich vorzugsweise eine Schicht, die z. B. als Wärmeschutzfilter, Antireflexschicht oder Kontaktschicht dienen kann. Diese Schicht übernimmt eine oder mehrere der genannten Funktionen. Es ist vorteilhaft, das Dünnschichtelement innenraumseitig, 25 d.h. strahlungsseitig, vor zu hoher thermischer Belastung zu schützen. Dies kann z. B. durch einen wärmeisolierenden Träger und/oder durch eine zusätzliche, wärmeisolierende bzw. reflektierende Schicht, geschehen. Eine Antireflexschicht hat beispielsweise die Aufgabe möglichst wenig der konvertierbaren Strahlung zu reflektieren. Ein Wärmeschutzfilter hingegen hat die Aufgabe, denjenigen Anteil der

- Strahlung, d. h. denjenigen Wellenlängenbereich, zurück zum Emitter zu reflektieren, der nicht vom PV-Element konvertiert werden kann. Dies betrifft den Strahlungsanteil, der nicht energiereich genug ist, um z. B. die Bandlücke des Materials zu überwinden oder Molekülzustände im einem Farbstoff anzuregen. Eine
- 5 solche Schicht kann zusätzlich auch als Kontaktschicht ausgebildet sein, falls sie elektrisch leitfähig ist. Damit kann der im Dünnschicht-PV-Element erzeugte Strom direkt in der Kontaktschicht abgeleitet werden und beispielsweise direkt an eine Last angeschlossen oder in einem Energiespeicher, z.B. Batterie, Akkumulator, gespeichert werden. Ein Beispiel für eine funktionale Schicht, die mehrere der
- 10 erwähnten Funktionen beinhaltet sind sogenannte transparente elektrisch leitfähige Schichten, z. B. transparente leitfähige Oxidschichten (TCO) wie IndiumZinnOxid (ITO),  $\text{SnO}_2$  oder  $\text{ZnO}$ . Es ist durchaus möglich, mehrere Schichten zwischen Emitter und Dünnschicht-PV-Element zu schalten, wobei die einzelnen Schichten auf einzelne oder mehrere Funktionen optimiert werden können.
- 15 Eine Kontaktschicht kann zusätzlich mit elektrisch leitfähigen Materialien, beispielsweise sogenannten Fingerkontakten, versehen werden. Dies ist dann von Vorteil, wenn die elektrische Leitfähigkeit der Kontakt- oder anderen Schichten zuwenig ausgeprägt ist. Fingerkontakte sind vorzugsweise dünne Drahtgeflechte, typischerweise ca.  $10\text{ }\mu\text{m}$  dicke Netze, oder Metallstege, die typischerweise aus
- 20 Silber, Aluminium oder Kupfer hergestellt sind. Sie werden beispielsweise als Geflecht bzw. Streifen auf einen Träger oder eine Schicht aufgelegt, oder mittels einem siebdruckähnlichen Verfahren darauf aufgebracht. Eine Kontaktschicht kann auch ausschliesslich aus einem Fingerkontakt, beispielsweise einem Silberdrahtnetz bestehen. Wird eine Photozelle auf einem elektrisch leitfähigen Träger,
- 25 beispielsweise einem Metallrohr oder einer Metallfolie, aufgebracht, so kann die Kontaktschicht oder ein allfälliger Fingerkontakt auch weggelassen werden.



Wesentlichen vor der Umgebung, z. B. einem Kühlmedium, schützt und elektrisch isolierend ist. Auch hier ist es möglich, statt einer einzigen mehrere Schichten nacheinander an- oder aufzubringen. Ein mit einer isolierenden Schutzschicht versehenes Dünnschicht-PV-Element hat den entscheidenden Vorteil, dass es direkt mit einem Kühlmedium, z. B. Wasser, in Kontakt gebracht werden kann. Das Dünnschicht-PV-Element wird somit auf seiner gesamten Fläche direkt gekühlt. Da die Dicke des Dünnschichtelements sehr klein ist, kann es aufgrund seines kleinen Wärmeleitwiderstands sehr effektiv gekühlt werden. Dies wiederum erlaubt ein nahes Positionieren der Elemente an einem Emitter, so dass z. B. ein Dünnschicht-TPV-Generator sehr kompakt gebaut werden kann. Durch eine effiziente Photovoltaikelementkühlung sind kleinere Abstände zwischen Emitter und Photovoltaikelement zu realisieren als dies bei herkömmlichen Konstruktionen mit kristallinen Photozellen möglich ist. Das heisst, es lassen sich sehr schlanke Systeme mit kleinen Durchmessern herstellen. Dabei werden axiale Strahlungsverluste minimiert und Kosten eingespart.

Dünnschicht-PV-Elemente und zusätzliche funktionale Schichten werden vorzugsweise in einem Arbeitsschritt hergestellt bzw. auf eine Unterlage, z. B. ein Rohr, eine Fläche -eben, gewellt oder gekrümmt- oder eine biegsame Folie, aufgebracht. Dies geschieht beispielsweise durch aufeinanderfolgendes Aufputtern oder Abscheiden auf die gleiche Unterlage in derselben Anlage, z. B. einem Vakuumsystem. Werden Dünnschicht-PV-elemente und Schichten direkt auf einem tragenden Teil einer TVP-Vorrichtung abgeschieden, z. B. auf einem Träger oder einem Aussenlement, wie beispielsweise einem Quarz-, Glas-, Metall- oder Kunststoffrohr, so vereinfacht sich die Montage, da weniger Einzelteile zusammengesetzt werden müssen. Ist das Dünnschicht-PV-Element inklusive allfälliger zusätzlichen Schichten zudem zwischen Träger und Aussenlement untergebracht, so kann das PV-Element bei der Montage nicht beschädigt werden. Der Hohlraum zwischen Träger und Aussenlement, z. B. zwei konzentrischen Röhren, wird vorzugsweise als Kühlbereich verwendet.

Als Strahlungsemitter für den erfindungsgemässen Dünnschicht-TPV-Generator dienen allgemein bekannte Strahlungsemitter, wie sie teilweise auch bereits für herkömmliche TPV-Generatoren verwendet werden. Beispiele sind Strahlungsemitter, die eine Heizquelle, z. B. einen Gasbrenner wie im Dokument US 5'312'521 beschrieben, umgeben. Emitter sind typischerweise aus Metall, keramischem Material oder Geweben hergestellt. Wichtig ist, dass das Material 5 hochtemperatur- und thermoschockbeständig ist. So werden beispielsweise auch spezielle Materialstrukturen, z. B. Keramikfasern, verwendet. Wesentlich ist vor allem der vom Strahler emittierte Wellenlängenbereich. Dieser stimmt vorzugsweise mit der in den Photovoltaikelementen konvertierbaren Strahlung überein, wobei die PV-Elemente als Dünnschichtphotozellen oder als konventionelle Photozellen ausgebildet sind. Um dies zu erreichen, werden selektive Strahler, z. B. seltene 10 Erdoxide, verwendet. Die Abstrahlleistungen sind relativ gering, dafür wird verhältnismässig wenig Brennmaterial für die Heizquelle benötigt. Eine zweite Art von Strahlern sind sogenannte Breitbandstrahler wie beispielsweise Siliziumkarbid oder Metalle. Diese haben den Vorteil, dass sie sehr hohe Abstrahlleistungen aufweisen. Allerdings ist der Anteil an nicht konvertierbarer Strahlung um einiges höher als bei den selektiven Strahlern. Dementsprechend enthält ein TPV-Generator vorzugsweise eine oder mehrere Reflektiereinheiten, z. B. Reflexionsschichten, so 20 dass der von den PV-Elementen nicht konvertierbare Strahlungsanteil auf den Emitter zurückreflektiert wird.

Da die erfindungsgemässe TPV-Vorrichtung vorzugsweise in Kombination mit einem bestehenden Strahlungsemitter und einer Heizquelle, z. B. einer Gasheizung, verwendet wird, ist keine Einschränkung auf spezielle Strahlungsemitter erforderlich. 25 Die Vorrichtung kann auch mit zusätzlich optimierten Wärmeübergangsvorrichtungen zwischen Emitter und Photovoltaikelement versehen werden, z.B. mit einer speziellen Strömungsvorrichtung für Luft, wie dies beispielsweise im Dokument DE 198 15 094 beschrieben ist.

Im Folgenden wird die Erfindung anhand schematisch dargestellter Ausführungsbeispiele beschrieben.

Fig. 1 zeigt die Aufsicht auf einen Aufbau eines Dünnschicht-Thermophotovoltaikgenerators in einer Querschnittszeichnung und einem vergrößerten Ausschnitt  
5       daraus.

Fig. 2 zeigt den Generatöraufbau aus Figur 1 mit innenraumseitig angebrachtem Dünnschicht-Photovoltaikelement.

Fig. 3 zeigt ein beispielhaftes Photovoltaikelement mit flexiblem Träger.

- 10       In Figur 1 ist ein erfindungsgemässer Thermophotovoltaikgenerator mit einer erfindungsgemässen TPV-Vorrichtung schematisch dargestellt. Auf der linken Seite der Zeichnung befindet sich ein Strahlungsemitter 1, z. B. ein Breitbandemitter oder selektiver Emitter. In einem definierten Abstand, der typischerweise in einem Bereich von 1-100 cm, z. B. 10cm für 10kW Generatoren (thermische Leistung) liegt, befindet sich ein Träger 2, beispielsweise ein erstes Glasrohr aus  
15       hitzebeständigem Quarzglas. Der Träger 2 bildet einen, den Emitter enthaltenden Innenraum. Aussen auf das erste Glasrohr 2 aufgebracht, ist eine Abfolge von im Wesentlichen drei funktionalen Schichten, wobei die mittlere Schicht als Dünnschicht-Photovoltaikelement 6 ausgebildet ist. Zwischen den drei Schichten und einem Aussenelement 4, beispielsweise einem zweiten Rohr aus Metall, Kunststoff  
20       oder Glas, z. B. einem weiteren Quarzglasrohr, befindet sich ein Hohlraum 3, in dem eine Kühlung untergebracht ist. Im vergrößerten Ausschnitt auf der rechten Seite der Figur 1 ist der Aufbau der Dünnschichtphotozellenregion detaillierter gezeigt. Auf das erste Glasrohr 2 ist die erste funktionale Schicht, vorzugsweise ein kombinierter Wärmeschutzfilter, Antireflex- und Kontaktschicht 5, z. B. eine Transparent

- Conduction Oxide (TCO)- Schicht oder eine Infrarot reflektierende Filterschicht, z. B. ein ca. 10 nm bis einige  $\mu\text{m}$  dicker  $\text{SnO}_2$ - oder Zinkoxid-Filter, aufgebracht. Auf die Kontakt- und/oder Filterschicht 5 folgt das eigentliche Photovoltaik-  
element 6, beispielsweise eine ca. 0.2- 15  $\mu\text{m}$  dicke polykristalline  $\text{CuInSe}_2$  (CIS)- oder  
5  $\text{CuIn}_x\text{Ga}_{1-x}\text{Se}_2$  (CIGS) -Schicht, eine aus mikrokristallinem Silizium oder Farbstoffzellen bestehende Schicht. Darüber befindet sich eine weitere funktionale Schicht, die das Photovoltaik-  
element 6 durch ihre elektrisch isolierenden Eigenschaften schützt. Diese abgrenzende Isolationsschicht 7, die auch als reflektierenden  
Schicht ausgelegt sein kann, ist direkt mit dem, sich im angrenzenden Hohlraum 3  
10 befindlichen Kühlmittel, z. B. Wasser, in Kontakt. Die sehr direkte Verbindung zwischen Kühlmittel und Dünnschichtphotozelle 6 garantiert eine optimale Kühlung der Zelle 6 und erlaubt zudem ein relativ nahes Beisammensein von Strahlungsemitter 1 und Photovoltaik-  
element 6. Der äussere Abschluss der TPV-Vorrichtung bildet das Aussen-  
element 4.
- 15 Einzelne Photovoltaik-  
elemente, z. B. Photozellen, werden vorzugsweise seriell verschaltet, wobei die Verschaltung auf die gleiche Weise erfolgen kann, wie das in kommerziell erhältlichen Dünnschicht-Solarmodulen, mit z.B. amorphem Silizium oder CIS, geschieht.
- Der kompakte Aufbau von zwei konzentrischen Rohren mit dazwischenliegendem  
20 Photovoltaik-  
element 6 erlaubt eine sehr einfache Montage, bei der das Photovoltaik-  
element 6 vollständig vor Beschädigung und u. U. auch vor Umwelteinflüssen geschützt ist. Durch das Abscheiden der Dünnschichtphotozelle 6 und zusätzlicher funktioneller bzw. Schutzschichten 5, 7 direkt auf dem Glasrohr 2, fällt die gesamte Strahlung von  $360^\circ$  um den Emitter 1 herum direkt auf das Photovoltaik-  
element 6.  
25 Strahlungsverluste durch Zwischenräume zwischen einzelnen Zellen können extrem reduziert werden. Zudem beinhaltet das System eine denkbar einfache und höchst effiziente Kühlung.

Figur 2 zeigt einen ähnlichen Aufbau eines Thermophotovoltaikgenerators wie Figur 1. Auf der linken Seite der Figur ist wiederum ein Strahlungsemitter 1, ein hitzebeständiger Träger 20, z.B. ein Quarzglas, und ein, mit dem Träger 20 einen Hohlraum einschliessendes Aussenelement 4, z. B. ein zweites Rohr aus beispielsweise Metall Glas oder Kunststoff, gezeigt. Wie auf der linken Seite der Figur 2 zu sehen ist, liegt das Photovoltaikelement 60 auf der, dem Hohlraum abgewandten Seite des Trägers 20 im Innenraum zwischen Träger 20 und Strahlungsemitter 1. Das Photovoltaikelement 60 ist in einem sandwichartigen Aufbau auf dem Träger 20 aufgebracht. Zwischen Träger 20 und Photovoltaikelement 60 befindet sich eine erste funktionelle Schicht, eine Kontaktschicht 50, die zur elektrischen Kontaktierung des Photovoltaikelements 60 dient. In diese Kontaktschicht 50 können zusätzliche, elektrisch leitenden Materialien, beispielsweise ein Drahtgitter oder Metallstege eingebracht sein, die den Abtransport des vom Photovoltaikelement 60 erzeugten Stromes unterstützen. Auf der anderen Seite des Photovoltaikelements 60 befindet sich vorzugsweise eine zweite funktionelle Schicht, eine Isolations-, Schutz- und/oder Filterschicht 70, die das Photovoltaikelement 60 vor schädlichen Rauchgasen und zu hoher thermischer Strahlung im Innenraum 8 schützt. Der Hohlraum 3 ist zum Führen eines Kühlmittels ausgelegt. Da sich in dieser Ausführungsform der erfindungsgemässen Vorrichtung das Photovoltaikelement 60 etwas weniger direkt in Kontakt mit dem Kühlmittel befindet, weist der Träger 20 vorzugsweise eine gewisse thermische Leitfähigkeit auf. Die Kontaktschicht 50 trägt vorzugsweise ebenfalls zur guten Wärmekontaktierung des Photovoltaikelements 60 zum Träger 20 und somit zum Kühlmittel bei.

In Figur 3 ist in einer weitere Ausführungsform, ein Dünnschicht-Photovoltaikelement 63 auf einem elastischen, flexiblen Träger 23, z. B. einer Kunststoff oder Metallfolie, aufgebracht. Zwischen Photovoltaikelement 63 und Träger 23 befindet sich eine erste funktionelle Schicht 53. Auf der gegenüberliegenden Seite des Photovoltaikelements 63 befindet sich eine zweite funktionelle Schicht 73. Die erste Schicht, als Kontaktschicht ausgebildet 53, dient zur Kontaktierung des Photovoltaikelements 63 mit dem Träger 23. Die zweite Schicht ist typischerweise

eine Schutz- und Isolierschicht 73, die das Photovoltaikelement 63 vor der Umgebung, z. B. einem Kühlmittel, schützt. Je nachdem von welcher Seite Strahlung auf das Photovoltaikelement 63 einstrahlt, ist die Kontaktschicht 53 oder die Schutzschicht 73 vertauscht bzw. sie sind vorzugsweise multifunktional ausgebildet, d.h. die Schichten sind zusätzliche Wärmeschutzfilter oder Antireflexschichten. Ein solches, von Schichten umgebenes Photovoltaikelement 63 wird beispielsweise in einem mit Kühlmittel durchflossenen Hohlraum zwischen zwei Rohren eingebracht. Die Dünnschichtphotozelle 63 kann auch mittels des flexiblen Trägers 23 auf einen geeigneten zweiten u.U. unflexiblen Träger, z.B. ein Rohr oder eine Fläche, aufgebracht bzw. aufgespannt werden. Je nach Gestaltung des Trägers 23, beispielsweise als metallische Folie oder Blech, dient der Träger 23 oder die Kontaktschicht 53 als Mittel zum Abführen der erzeugten Energie.

Die Anordnung von Emittier, Träger, Schichten, Photovoltaikelement und Abschlusselement kann, abgesehen von Emittier und Abschlusselement variieren. So kann beispielsweise eine Schicht, z. B. ein IR-Reflektor, statt auf der Hohlraumseite, auch auf der Innenraumseite des Trägers, z. B. des Glasrohrs 2, 20, angebracht sein. Dies hat den Vorteil, dass der Träger vor IR Strahlung geschützt ist. Es weist aber den Nachteil auf, dass die reflektierende Filterschicht u.U. nicht mehr sehr effizient gekühlt wird und gleichzeitig auch eventuell vorhandenen Rauchgasen zwischen Emittier und Träger ausgesetzt ist. Es ist weiter auch möglich, wie beispielsweise in Figur 3 gezeigt, Dünnschicht-Photovoltaikelemente auf einem biegsamen Substrat, z. B. einer Polymerfolie, an- bzw. aufzubringen. Die Folie kann auf eine gekrümmte oder gewellte Oberfläche aufgespannt werden. Diese Ausführungsform empfiehlt sich speziell dann, wenn sich ein unelastischer, unflexibler Träger, der das Photovoltaikelement tragen soll, nicht oder nur schwer eignet, direkt, z. B. in einer entsprechenden Beschichtungsanlage, beschichtet zu werden.

Des Weiteren kann sich ein Photovoltaikelement/Schichten-Aufbau auch auf der Hohlraumseite eines Abschlusselements befinden. Dabei ist darauf zu achten, dass

die vom Strahler emittierte nutzbare Strahlung von einer dazwischenliegenden Kühlung nicht unerwünschterweise absorbiert wird. Dies gilt auch falls sich eine Schicht, z. B. auf einem flexiblen Träger aufgebracht, im Hohlraum zwischen fixem Träger und Aussenelement befindet.

- 5 Ein Abschlusselement wird vorzugsweise dann weggelassen, wenn kein Hohlraum für eine Kühlung gebraucht wird. Dies ist speziell der Fall, wenn keine Kühlung mittels Flüssigkeit, sondern eine Kühlung mittels Umgebungsluft verwendet wird, beispielsweise auch bei Verwendung eines Peltierelements.

- 10 Ein Träger oder ein Abschlusselement kann auch eine mehrheitlich ebene Fläche sein. In diesem Fall weist die erfindungsgemässe TPV-Vorrichtung bzw. der Generator einen plattenähnlichen Aufbau auf. Da das Anbringen von Dünnschicht-elementen weitestgehend unabhängig von der Form der Unterlage ist, ist die TVP Vorrichtung in keiner Weise auf einen zylinder- oder flächenförmigen Aufbau beschränkt. Im Speziellen ist die Verwendung von Dünnschichtelementen in  
15 Kombination mit gekrümmten Oberflächen bestens geeignet.

Des Weiteren ist es möglich, für Dünnschicht-Photovoltaikmaterialien zu verwenden, die in der Herstellung von IR Detektoren verwendet werden. So zum Beispiel sind Materialien mit kleinen Bandlücken, wie z. B. HgCdTe oder PbCdTe mit Bandlücken im Bereich von 0.5-0.75 eV interessante Kandidaten.

## PATENTANSPRÜCHE

1. Thermophotovoltaik-Vorrichtung für die Umwandlung von Strahlungsenergie, welche von einem Strahlungsemitter emittiert wird, in elektrische Energie, beinhaltend ein Photovoltaikelement (6, 60, 63) und einen mechanischen Träger (2, 20, 23) auf oder an dem das Photovoltaikelement (6, 60, 63) angebracht ist, dadurch gekennzeichnet, dass das Photovoltaikelement (6, 60, 63) Dünnschichtphotozellen aufweist.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch ein Abschlusselement (4), welches so ausgebildet und angeordnet ist, dass zwischen dem Abschlusselement (4) und dem Träger (2, 20, 23) ein Hohlraum (3) entsteht, und durch Mittel zur Zuführung eines Kühlmittels in den Hohlraum (3).
3. Vorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Photovoltaikelement (6, 63) vom Hohlraum (3) aus gesehen auf der Innenseite auf dem Träger (2, 23) angeordnet ist, dass das Photovoltaikelement hohlraumseitig mit einer isolierenden Schutzschicht (7, 73) beschichtet ist und dass der Träger (2, 23) transparent für thermische Strahlung ist, so dass die Vorrichtung dazu ausgelegt ist, Strahlung zu verwerten, welche von der vom Hohlraum (3) aus gesehen äusseren Seite des Trägers (2, 23) eingestrahlt wird.
4. Vorrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen dem Photovoltaikelement (6, 63) und dem Hohlraum (3) nur die Schutzschicht (7, 73) liegt, und dass diese bspw. höchstens einige 100 µm dick ist.
5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass sich zwischen dem Photovoltaikelement (6, 60, 63) und einer strahlungszugewandten Seite des Photovoltaikelements (6, 60, 63), eine



Filterschicht (5, 50, 53) als Wärmeschutzfilter befindet, die bspw. auch zur elektrischen und Wärmekontaktierung des Photovoltaikelements (6, 60, 63) dient und/oder noch als Antireflexschicht ausgebildet ist.

- 5 6. Vorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass das Photovoltaikelement (6, 60, 63) und die Filterschicht (5, 50, 53) durch Hintereinander aufbringen auf den Träger (2, 20, 23) in derselben Anlage hergestellt sind.
7. Vorrichtung nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Filterschicht (5, 53, 70) eine transparente leitfähige Oxidschicht (TCO) ist.
- 10 8. Vorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Photovoltaikelement (60, 63) vom Hohlraum (3) aus gesehen auf der Aussenseite auf dem Träger (20, 23) angeordnet ist, wobei das Photovoltaikelement (60, 63) bspw. zusätzlich noch mit einer Schutzschicht (70, 73) und/oder Filterschicht (50, 53, 73) beschichtet ist.
- 15 9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass der Träger (2, 20) einen Innenraum (8) für den Strahlungsemitter mindestens teilweise umschliesst und dass das Abschlusselement (4) den Träger (2, 20) mindestens teilweise umschliesst, wobei der Träger (2, 20) und das Abschlusselement (4) bspw. mindestens teilweise zylindrisch sind.
- 20 10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 3 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass eine Schutzschicht (7, 70, 53, 73) oder Filterschicht (5, 50, 53, 73) eine multifunktionale Schicht ist.

11. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Träger (2, 20, 23) gekrümmt und/oder flexibel ist

und dass das Photovoltaikelement (6, 60, 63) als dünne, auf dem Träger (2, 20, 23) angebrachte Schicht ausgebildet ist.

12. Vorrichtung nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass der Träger (23), das Photovoltaikelement (63) und eventuelle weitere Schichten (53, 73) als flexible Einheit ausgebildet sind.
13. Vorrichtung nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass der Träger mindestens teilweise durch ein starres, transparentes Rohr (2, 20) gebildet wird.
14. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Photovoltaikelement (6, 60, 63) eine Dicke von höchstens 100  $\mu\text{m}$ , vorzugsweise von höchstens 10  $\mu\text{m}$  und bspw. von zwischen 0.1  $\mu\text{m}$  und 5  $\mu\text{m}$  aufweist.
15. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Photovoltaikelement (6, 60, 63) Dünnschicht-Photozellen besitzt, die aus Materialien bestehen, welche gemäss dem Stand der Technik für die Herstellung von IR-Detektoren verwendet werden und bspw. HgCdTe oder PbCdTe aufweisen.
16. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass das Photovoltaikelement (6, 60, 63)  $\text{CuInSe}_2$ ,  $\text{CuIn}_x\text{Ga}_y\text{Se}_2$ , mikrokristallines Silizium oder Farbstoffzellen beinhaltet.
17. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 5 bis 16, dadurch gekennzeichnet, dass die Filterschicht (5, 50, 53, 73) IR-reflektierendes Zinnoxid, Zinkoxid oder IndiumZinnOxid (ITO) enthält.

18. Thermophotovoltaik-Generator mit einem Strahlungsemitter (1), einer Energiequelle für den Strahlungsemitter (1) und Mitteln zum Erzeugen und Wegtransportieren von elektrischer Energie, gekennzeichnet durch, eine Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 15.
- 5 19. Verfahren zur Umwandlung von Strahlungsenergie in elektrische Energie, wobei mindestens ein Dünnschicht-Photovoltaikelement (2, 20, 23) mit Strahlungsenergie bestrahlt wird und dabei elektrische Energie erzeugt, und wobei das mindestens eine Dünnschicht-Photovoltaikelement (2, 20, 23) durch direkten Kontakt mit einem Kühlmedium, und höchstens durch eine
- 10 Schutzschicht mit maximal 100  $\mu\text{m}$  Dicke vom Kühlmedium getrennt, gekühlt wird.
20. Verfahren gemäss Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, dass das Dünnschicht-Photovoltaikelement (2, 20, 23) gegen Umgebungseinflüsse wie bspw. gegen zu hohe Strahlung oder Rauchgase geschützt wird.
- 15 21. Verfahren gemäss Anspruch 19 oder 20, dadurch gekennzeichnet, dass die erzeugte elektrische Energie in einer Schicht mit maximal 3  $\mu\text{m}$  Dicke oder in einer mit einem Fingerkontakt versehenen Schicht von maximal 10  $\mu\text{m}$  Dicke abgeführt wird.
-

**GEÄNDERTE ANSPRÜCHE**

[beim Internationalen Büro am 23. Dezember 2002 ( 23.12.02 ) eingegangen ;  
ursprüngliche Ansprüche 1 bis 21 durch geänderte Ansprüche 1 bis 22 ersetzt (4 Seiten)]

1. Thermophotovoltaik-Vorrichtung für die Umwandlung von Strahlungsenergie, welche von einem Strahlungsemitter emittiert wird, in elektrische Energie, beinhaltend einen mechanischen Träger (2, 20, 23) und ein Dünnschicht-Photovoltaikelement (6, 60, 63), welches auf oder an dem Träger (2, 20, 23) angebracht ist, **gekennzeichnet durch** ein Abschlusselement, welches so ausgebildet und angeordnet ist, dass zwischen dem Abschlusselement und dem Träger (2, 20, 23) ein Hohlraum (3) entsteht, und durch Mittel zur Zuführung eines Kühlmittels in den Hohlraum (3).
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Photovoltaikelement (6, 63) vom Hohlraum (3) aus gesehen auf der Innenseite auf dem Träger (2, 23) angeordnet ist und dass das Photovoltaikelement hohlraumseitig mit einer isolierenden Schutzschicht (7, 73) beschichtet ist.
3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass zwischen dem Photovoltaikelement (6, 63) und dem Hohlraum (3) nur eine Schutzschicht (7, 73) liegt, und dass diese bspw. höchstens einige 100 µm dick ist.
4. Vorrichtung nach Anspruch 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Träger (2, 23) transparent für thermische Strahlung ist, so dass die Vorrichtung dazu ausgelegt ist, Strahlung zu verwerten, welche von der vom Hohlraum (3) aus gesehen äusseren Seite des Trägers (2, 23) eingestrahlt wird.
5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass sich zwischen dem Photovoltaikelement (6, 60, 63) und einer strahlungszugewandten Seite des Photovoltaikelements (6, 60, 63), eine Filterschicht (5, 50, 53) als Wärmeschutzfilter befindet, die bspw. auch zur

elektrischen und Wärmekontaktierung des Photovoltaikelements (6, 60, 63) dient und/oder noch als Antireflexschicht ausgebildet ist.

6. Vorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass das Photovoltaikelement (6, 60, 63) und die Filterschicht (5, 50, 53) durch  
5 Hintereinander aufbringen auf den Träger (2, 20, 23) in derselben Anlage hergestellt sind.
7. Vorrichtung nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Filterschicht (5, 53, 70) eine transparente leitfähige Oxidschicht (TCO) ist.
8. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das  
10 Photovoltaikelement (60, 63) vom Hohlraum (3) aus gesehen auf der Aussenseite auf dem Träger (20, 23) angeordnet ist, wobei das Photovoltaikelement (60, 63) bspw. zusätzlich noch mit einer Schutzschicht (70, 73) und/oder Filterschicht (50, 53, 73) beschichtet ist.
9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass  
15 der Träger (2, 20) einen Innenraum (8) für den Strahlungsemitter mindestens teilweise umschliesst und dass das Abschlusselement den Träger (2, 20) mindestens teilweise umschliesst oder der Träger (2, 20) das Abschlusselement mindestens teilweise umschliesst, wobei der Träger (2, 20) und das Abschlusselement bspw. mindestens teilweise zylindrisch sind.
- 20 10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass eine Schutzschicht (7, 70, 53, 73) oder Filterschicht (5, 50, 53, 73) eine multifunktionale Schicht ist.
11. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Träger (2, 20, 23) gekrümmt und/oder flexibel ist

und dass das Photovoltaikelement (6, 60, 63) als dünne, auf dem Träger (2, 20, 23) angebrachte Schicht ausgebildet ist.

12. Vorrichtung nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Träger (23), das Photovoltaikelement (63) und eventuelle weitere Schichten (53, 73) als flexible Einheit ausgebildet sind oder, dass der Träger mindestens teilweise durch ein starres, transparentes Rohr (2, 20) gebildet wird.
13. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Photovoltaikelement (6, 60, 63) eine Dicke von höchstens 100  $\mu\text{m}$ , vorzugsweise von höchstens 10  $\mu\text{m}$  und bspw. von zwischen 0.1  $\mu\text{m}$  und 5  $\mu\text{m}$  aufweist.
14. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Photovoltaikelement (6, 60, 63) zumindest teilweise aus Materialien bestehen, welche gemäss dem Stand der Technik für die Herstellung von IR-Detektoren verwendet werden und bspw. HgCdTe oder PbCdTe aufweisen.
15. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 14, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Photovoltaikelement (6, 60, 63)  $\text{CuInSe}_2$ ,  $\text{CuIn}_x\text{Ga}_y\text{Se}_2$ , mikrokristallines Silizium oder Farbstoffzellen beinhaltet.
16. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 5 bis 15, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Filterschicht (5, 50, 53, 73) IR-reflektierendes Zinnoxid, Zinkoxid oder IndiumZinnOxid (ITO) enthält.
17. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Schichtsystem eine elektrisch leitende Schicht mit

maximal 3  $\mu\text{m}$  Dicke oder eine mit einem Fingerkontakt versehene Schicht von maximal 10  $\mu\text{m}$  Dicke aufweist.

18. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Dünnschicht-Photovoltaikelement (6, 60, 63) derart  
5 ausgestaltet ist, dass es für die Verwendung mit einem Strahlungsemitter, welcher bei einer Temperatur um 1500°C emittiert, geeignet ist, und dass der Emitter-Photovoltaikelement-Abstand 1-100cm, beispielsweise 10 cm, ist.
19. Thermophotovoltaik-Generator mit einem Strahlungsemitter (1), einer Energiequelle für den Strahlungsemitter (1) und Mitteln zum Erzeugen und  
10 Wegtransportieren von elektrischer Energie, **gekennzeichnet durch** eine Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 18.
20. Verfahren zur Umwandlung von Strahlungsenergie in elektrische Energie, wobei mindestens ein Dünnschicht-Photovoltaikelement (6, 60, 63) mit Strahlungsenergie bestrahlt wird und dabei elektrische Energie erzeugt, und  
15 wobei das mindestens eine Dünnschicht-Photovoltaikelement (6, 60, 63) durch direkten Kontakt mit einem flüssigen Kühlmedium, oder höchstens durch eine Schutzschicht mit maximal 100  $\mu\text{m}$  Dicke vom Kühlmedium getrennt, gekühlt wird.
21. Verfahren gemäss Anspruch 21, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Dünnschicht-Photovoltaikelement (6, 60, 63) gegen Umgebungseinflüsse wie  
20 bspw. gegen zu hohe Strahlung oder Kühlmittel geschützt wird.
22. Verfahren gemäss Anspruch 21 oder 22, **dadurch gekennzeichnet**, dass die erzeugte elektrische Energie in einer Schicht mit maximal 3  $\mu\text{m}$  Dicke oder in einer mit einem Fingerkontakt versehenen Schicht von maximal 10  $\mu\text{m}$  Dicke  
25 abgeführt wird.

1/2

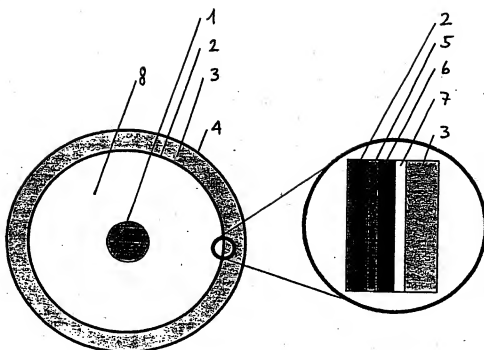


Fig. 1

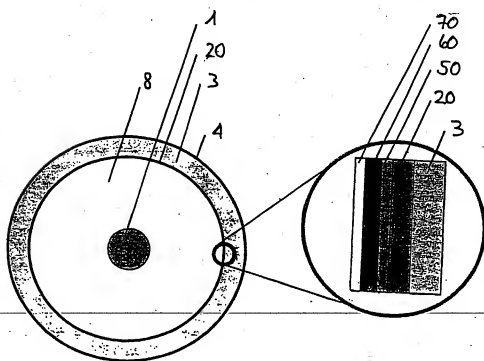


Fig. 2



2/2

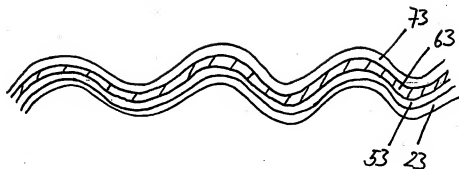


Fig. 3

International Application No  
PCT/CH 02/00383

## IPC 7 H01L31/04

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 H01L

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

INSPEC, EPO-Internal, WPI Data

### C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	DE 199 19 023 A (FRAUNHOFER GES FORSCHUNG) 21 December 2000 (2000-12-21)  column 3, line 47 -column 6, line 5 claims 1,2; figures 1,2  ---	1,2,5,6, 9,14,15, 18-20
Y	US 6 072 116 A (BRANDHORST JR HENRY W ET AL) 6 June 2000 (2000-06-06)  column 3, line 7 -column 5, line 62; claims 1,3  ---  -/-	1,2,5-9, 11-15, 17-20

**Y** Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patient family members are listed in annex.

\* Special categories of cited documents :

\*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

\*E\* earlier document but published on or after the international filing date

\*1. document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

\*O document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means.

\*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention.

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled

'A' document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

Date of mailing of the international search report

11 October 2002

23/10/2002

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.O. 5818 Patentlaan 2

NL - 2280 HV Rijswijk

Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl.

Authorized officer \_\_\_\_\_

Viscontini A

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Int. l. Application No.

PCT/CH 02/00383

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	B. BITNAR: "A TPV system with silicon photocells and a selective emitter" 28TH IEEE PHOTOVOLTAIC SPECIALISTS CONFERENCE, 15 - 22 September 2000, pages 1218-1221, XP002216453 ANCHORAGE, USA the whole document	1,2,5-9, 11-15, 17-20
X	----- DATABASE INSPEC 'Online! INSTITUTE OF ELECTRICAL ENGINEERS, STEVENAGE, GB; BITER P J ET AL: "A TPV system using a gold filter with CuInSe/sub 2/ solar cells" Database accession no. 5895293 XP002216454 abstract & THERMOPHOTOVOLTAIC GENERATION OF ELECTRICITY. THIRD NREL CONFERENCE, COLORADO SPRINGS, CO, USA, MAY 1997, no. 401, pages 443-459, AIP Conference Proceedings, 1997, AIP, USA ISSN: 0094-243X	1,5,16
X	----- DATABASE INSPEC 'Online! INSTITUTE OF ELECTRICAL ENGINEERS, STEVENAGE, GB; DHERE N G: "Appropriate materials and preparation techniques for polycrystalline-thin-film thermophotovoltaic cells" Database accession no. 5895292 XP002216455 abstract & THERMOPHOTOVOLTAIC GENERATION OF ELECTRICITY. THIRD NREL CONFERENCE, COLORADO SPRINGS, CO, USA, MAY 1997, no. 401, pages 423-442, AIP Conference Proceedings, 1997, AIP, USA ISSN: 0094-243X	1,15
A	----- US 5 356 487 A (BASS JOHN C ET AL) 18 October 1994 (1994-10-18) the whole document	1-20
A	----- COUTTS T J: "An overview of thermophotovoltaic generation of electricity" SOLAR ENERGY MATERIALS AND SOLAR CELLS, ELSEVIER-SCIENCE-PUBLISHERS, AMSTERDAM, NL, vol. 66, no. 1-4, February 2001 (2001-02), pages 443-452, XP004224708 ISSN: 0927-0248	

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Int'l Application No  
PCT/CH 02/00383

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 3 433 676 A (STEIN FRANK S) 18 March 1969 (1969-03-18) -----	
A	DE 197 43 356 A (BOSCH GMBH ROBERT) 8 April 1999 (1999-04-08) -----	

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/CH 02/00383

Patent document cited in search report		Publication date		Patent family member(s)		Publication date
DE 19919023	A	21-12-2000	DE	19919023 A1		21-12-2000
US 6072116	A	06-06-2000	NONE			
US 5356487	A	18-10-1994	US	5281131 A		25-01-1994
			AU	3158384 A		04-03-1985
			CA	1234899 A1		05-04-1988
			EP	0151611 A1		21-08-1985
			ES	534593 D0		01-03-1986
			ES	8605089 A1		01-08-1986
			JP	60501913 T		07-11-1985
			US	4793799 A		27-12-1988
			WO	8500647 A1		14-02-1985
			US	4906178 A		06-03-1990
			US	4898531 A		06-02-1990
			US	5400765 A		28-03-1995
US 3433676	A	18-03-1969	NONE			
DE 19743356	A	08-04-1999	DE	19743356 A1		08-04-1999
			WO	9917378 A1		08-04-1999
			EP	0941553 A1		15-09-1999
			JP	2001508952 T		03-07-2001
			US	6204442 B1		20-03-2001

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Inte Jonales Aktenzeichen

PCT/CH 02/00383

## A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

IPK 7 H01L31/04

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoß (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 H01L

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoß gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

INSPEC, EPO-Internal, WPI Data

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	DE 199 19 023 A (FRAUNHOFER GES FORSCHUNG) 21. Dezember 2000 (2000-12-21)  Spalte 3, Zeile 47 - Spalte 6, Zeile 5 Ansprüche 1,2; Abbildungen 1,2	1,2,5,6, 9,14,15, 18-20
Y	US 6 072 116 A (BRANDHORST JR HENRY W ET AL) 6. Juni 2000 (2000-06-06)  Spalte 3, Zeile 7 - Spalte 5, Zeile 62; Ansprüche 1,3  --- -/-	1,2,5-9, 11-15, 17-20

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

\*A\* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

\*E\* Älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

\*L\* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelsfrei zu erweisen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

\*O\* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benützung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

\*P\* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

\*T\* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

\*X\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung, die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden

\*Y\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung, die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

\*Z\* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

Abesenddatum des internationalen Recherchenberichts

11. Oktober 2002

23/10/2002

Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde  
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax (+31-70) 340-3916

Bevollmächtigter Beauftragter

Visentin A

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Int. Ionisches Alterszeichen

PCT/CH 02/00383

## C/(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Beitr. Anspruch Nr.
Y	B. BITNAR: "A TPV system with silicon photocells and a selective emitter" 28TH IEEE PHOTOVOLTAIC SPECIALISTS CONFERENCE, 15. - 22. September 2000, Seiten 1218-1221, XP002216453 ANCHORAGE, USA das ganze Dokument	1,2,5-9, 11-15, 17-20
X	DATABASE INSPEC 'Online! INSTITUTE OF ELECTRICAL ENGINEERS, STEVENAGE, GB; BITER P J ET AL: "A TPV system using a gold filter with CuInSe/sub 2/ solar cells" Database accession no. 5895293 XP002216454 Zusammenfassung & THERMOPHOTOVOLTAIC GENERATION OF ELECTRICITY. THIRD NREL CONFERENCE, COLORADO SPRINGS, CO, USA, MAY 1997, Nr. 401, Seiten 443-459, AIP Conference Proceedings, 1997, AIP, USA ISSN: 0094-243X	1,5,16
X	DATABASE INSPEC 'Online! INSTITUTE OF ELECTRICAL ENGINEERS, STEVENAGE, GB; DHIRE N G: "Appropriate materials and preparation techniques for polycrystalline-thin-film thermophotovoltaic cells" Database accession no. 5895292 XP002216455 Zusammenfassung & THERMOPHOTOVOLTAIC GENERATION OF ELECTRICITY. THIRD NREL CONFERENCE, COLORADO SPRINGS, CO, USA, MAY 1997, Nr. 401, Seiten 423-442, AIP Conference Proceedings, 1997, AIP, USA ISSN: 0094-243X	1,15
A	US 5 356 487 A (BASS JOHN C ET AL) 18. Oktober 1994 (1994-10-18) das ganze Dokument	1-20
A	COUTTS T J: "An overview of thermophotovoltaic generation of electricity" SOLAR ENERGY MATERIALS AND SOLAR CELLS, ELSEVIER SCIENCE PUBLISHERS, AMSTERDAM, NL, Bd. 66, Nr. 1-4, Februar 2001 (2001-02), Seiten 443-452, XP004224708 ISSN: 0927-0248	

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/CH 02/00383

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
------------	--	--------------------

A	US 3 433 676 A (STEIN FRANK S) 18. März 1969 (1969-03-18)	
---	--	--

A	DE 197 43 356 A (BOSCH GMBH ROBERT) 8. April 1999 (1999-04-08)	
---	---	--



## INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Vermerkungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Abkürzungszeichen

PCT/CH 02/00383

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 19919023	A	21-12-2000	DE 19919023 A1 21-12-2000
US 6072116	A	06-06-2000	KEINE
US 5356487	A	18-10-1994	US 5281131 A 25-01-1994
		AU 3158384 A	04-03-1985
		CA 1234899 A1	05-04-1988
		EP 0151611 A1	21-08-1985
		ES 534593 D0	01-03-1986
		ES 8605089 A1	01-08-1986
		JP 60501913 T	07-11-1985
		US 4793799 A	27-12-1988
		WO 8500647 A1	14-02-1985
		US 4906178 A	06-03-1990
		US 4898531 A	06-02-1990
		US 5400765 A	28-03-1995
US 3433676	A	18-03-1969	KEINE
DE 19743356	A	08-04-1999	DE 19743356 A1 08-04-1999
		WO 9917378 A1	08-04-1999
		EP 0941553 A1	15-09-1999
		JP 2001508952 T	03-07-2001
		US 6204442 B1	20-03-2001